

# МОДИФИЦИРОВАНИЕ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ ЛИГАТУРАМИ Al-Ti-B И Al-Ti-C

*Смирнов В.Л., Ильиных М.В., Рожин А.В.*

*Руководитель – проф., д.т.н. Замятин В.М.*

ФГАОУ ВПО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н.Ельцина»,  
г. Екатеринбург, infinity777@el.ru, maksim.kamur@mail.ru

Для измельчения зерна многокомпонентных алюминиевых сплавов находят широкое применение лигатуры Al-5%Ti-1%B и Al-3%Ti-0,15%C. Так, присадка прутковой лигатуры Al-5%Ti-1%B или Al-3%Ti-0,15%C в количестве 1 кг на 1 т расплава вызывает существенное измельчение литого зерна, предотвращение образования веерных кристаллов и единичных крупных зерен в слитках. Однако в микроструктуре слитков наблюдается увеличение толщины эвтектических прослоек по границам зерен и размеров интерметаллидных фаз кристаллизационного происхождения. Кроме того, в плитах, изготовленных из слитков модифицированного сплава, возрастает число расслоений. Несмотря на возрастающее промышленное применение этих лигатур закономерности и механизм их воздействия на структуру и свойства многокомпонентных алюминиевых сплавов в литом состоянии изучены недостаточно. Для решения этой важной задачи требуется дальнейшее накопление экспериментальных данных.

В данной работе исследовали влияние модифицирующих лигатур Al-5%Ti-1%B и Al-3%Ti-0,15%C на структуру и свойства слитков поперечным сечением 355×1371 мм из сплавов системы Al-Zn-Mg-Cu. Лигатуры в виде прутков Ø 10 мм непрерывно присаживали в жидкие алюминиевые сплавы 7075 и В96ц-Зпч на пути миксер-кристаллизатор при полунепрерывном литье слитков. Химический состав алюминиевого сплава 7075 приведен в табл. 1.

Таблица 1. Химический состав сплава 7075

Содержание элементов, масс. %							
Zn	Mg	Cu	Cr	Fe	Si	Ti	Al
5,7	2,5	1,5	0,19	0,18	0,05	0,06	ост.

В промышленных условиях изучено влияние расхода прутковых лигатур Al-5%Ti-1%B и Al-3%Ti-0,15%C на размер литого зерна плоских слитков из сплава 7075. Полученные результаты приведены на рис. 1. Анализ этих данных показывает, что наиболее значительное измельчение зерна в слитках наблюдается при расходе лигатурных прутков

Al-5%Ti-1%B и Al-3%Ti-0,15%C до 0,4 кг/т расплава. При расходе от 0,6 кг/т расплава до значения 1,0 кг/т расплава эффект измельчения зерна проявляется незначительно. Расход лигатурных прутков в интервале 0,4...0,6 кг/т расплава обеспечивает получение литого зерна размером 250...400 мкм в крупногабаритных слитках из сплава 7075.

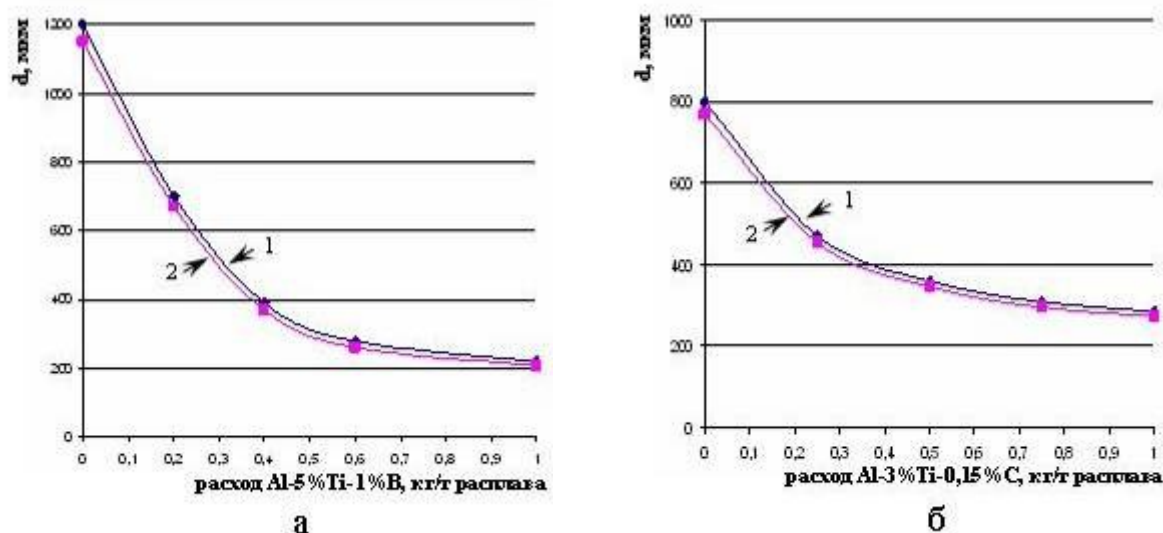


Рисунок 1. Влияние расхода модифицирующих прутков Al-5%Ti-1%B (а) и Al-3%Ti-0,15%C (б) на размер зерна в центральной (1) и периферийной (2) зонах крупногабаритных слитков сплава 7075

Расход лигатуры Al-5%Ti-1%B при модифицировании сплава В96ц-3пч составлял 1 кг/т расплава. Химические составы сплава В96ц-3пч двух плавок, из которых были отлиты слитки сечением 355×1371 мм, приведены в табл. 2.

Таблица 2. Химический состав сплава В96ц-3пч

Литье	Содержание элементов, в масс. %									
	Zn	Mg	Cu	Zr	Ti	Fe	Si	Cr	Mn	Al
без модиф.	8,1	2,1	1,5	0,11	0,05	0,10	0,03	0,01	0,01	ост.
с модиф. Al-5%Ti-1%B (1 кг/т расплава)	8,1	2,1	1,7	0,11	0,06	0,13	0,10	0,01	0,01	ост.

Результаты определения размера зерна в слитках сплава В96ц-3пч приведены в табл. 3. Эти данные свидетельствуют о существенном измельчении зерна в слитках, отлитых из модифицированного расплава.

В связи с тем, что слитки в гомогенизированном состоянии (по режиму 450...470 °С, 24 ч) подвергаются горячей пластической деформации (прокатке), были изучены после гомогенизации их

пластические свойства при разных температурах. Полученные значения относительного удлинения  $\delta$  и относительного сужения  $\psi$  гомогенизированных слитков сведены в табл. 4.

Таблица 3. Размер зерна в слитках сечением 355×1371 мм сплава В96ц-Зпч, отлитых без применения и с применением лигатуры Al-5%Ti-1%B

Литье	Размер зерна, мкм	
	периферия слитка	центр слитка
без модиф.	240	340
с модиф. Al-5%Ti-1%B (1 кг/т расплава)	80	130

Таблица 4. Пластические свойства гомогенизированных слитков сечением 355×1371 мм сплава В96ц-Зпч при различных температурах

Литье	Свойства слитков	Температура испытания, °C				
		350	375	400	425	450
без модиф.	$\delta$ , %	59	72	98	104	84
	$\psi$ , %	97	97	98	99	85
с модиф. Al-5%Ti-1%B (1 кг/т расплава)	$\delta$ , %	62	73	72	89	83
	$\psi$ , %	96	98	99	99	88

Анализ данных табл. 4 показывает, что пластические свойства гомогенизированных крупногабаритных плоских слитков из сплава В96ц-Зпч, отлитых с применением модифицирования расплава прутковой лигатурой Al-5%Ti-1%B и без модифицирования расплава практически одинаковы.

Таким образом, несмотря на значительное измельчение зерна в крупногабаритных плоских слитках сплава В96ц-Зпч, пластические свойства их при температурах пластической деформации практически не изменяются.

На основании анализа полученных результатов и данных промышленных экспериментов предложен принцип рационального модифицирования многокомпонентных алюминиевых сплавов на основе системы Al-Zn-Mg-Cu: количество вводимого модификатора должно обеспечить устранение веерных кристаллов, единичных крупных зерен, получение однородной макроструктуры слитков с равноосным разветвленным зерном диаметром 250...400 мкм; при этом содержание модификатора в сплаве должно быть минимальным, а его распределение по микрообъемам сплава максимально равномерным.